

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-84655

(43) 公開日 平成10年(1998) 3月31日

(51) Int.Cl.⁵

H 0 2 K 7/09

識別記号

庁内整理番号

F I

H 0 2 K 7/09

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 5 F D (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平8-261310

(22) 出願日 平成8年(1996) 9月10日

(71) 出願人 000000239

株式会社荏原製作所

東京都大田区羽田旭町11番1号

(72) 発明者 大沢 将

神奈川県藤沢市本藤沢4丁目2番1号 株式会社荏原総合研究所内

(72) 発明者 森 敏

神奈川県藤沢市本藤沢4丁目2番1号 株式会社荏原総合研究所内

(72) 発明者 佐藤 一樹

神奈川県藤沢市本藤沢4丁目2番1号 株式会社荏原総合研究所内

(74) 代理人 弁理士 渡邊 勇 (外2名)

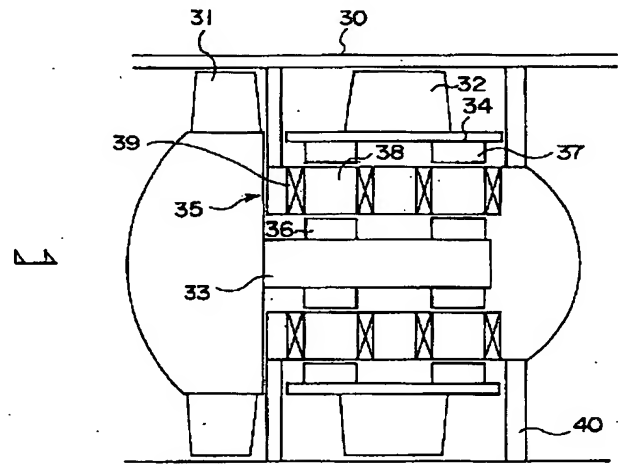
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気浮上モータ

(57) 【要約】

【課題】 円筒状ステータの内周側と外周側に同軸状に2個のロータを備えた、コンパクトな構造の磁気浮上モータを提供する。

【解決手段】 回転体の半径方向の位置を浮上制御する磁気軸受作用と、回転体を回転駆動するモータ作用とを兼ねた磁気浮上モータにおいて、円筒状の円周方向に沿って間隔を有して配置された内周面と外周面に開口したヨーク38と、内周面と外周面に開口したヨークからステータの内周面及び外周面に磁界を生成するトロイダル巻線39とを備えたステータ35と、ステータの内周面側に配置された内側ロータ33と、外周面側に配置された外側ロータ34とからなり、両ロータ33、34は巻線に供給される電流によりステータ35の内周面及び外周面から生成される磁界により、回転駆動されると共に磁気浮上制御される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 回転体の半径方向の位置を浮上制御する磁気軸受作用と、回転体を回転駆動するモータ作用とを兼ねた磁気浮上モータにおいて、

円筒状の円周方向に沿って間隔を有して配置された内周面と外周面に開口したヨークと、該内周面と外周面に開口したヨークから前記ステータの内周面及び外周面に磁界を生成するトロイダル巻線とを備えたステータと、該ステータの内周面側に配置された内側ロータと、外周面側に配置された外側ロータとからなり、両ロータは前記巻線に供給される電流により前記ステータの内周面及び外周面から生成される磁界により、回転駆動されると共に磁気浮上制御されることを特徴とする磁気浮上モータ。

【請求項2】 前記内側ロータと前記外側ロータが同一方向に回転するものであることを特徴とする請求項1記載の磁気浮上モータ。

【請求項3】 前記内側ロータと前記外側ロータが同一方向に、且つ同期して回転するものであることを特徴とする請求項2記載の磁気浮上モータ。

【請求項4】 前記内側ロータと前記外側ロータが同一方向に、同期しないで回転するものであることを特徴とする請求項2記載の磁気浮上モータ。

【請求項5】 前記内側ロータと前記外側ロータが反対方向に回転するものであることを特徴とする請求項1記載の磁気浮上モータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、回転体を回転駆動するモータ作用と、回転体を浮上保持制御する磁気軸受作用とを兼ね備えた磁気浮上モータに関する。

【0002】

【従来の技術】特開平2-193547号公報等には、円筒型ステータ内に円柱型ロータを組み込み、ステータに励磁回路を形成し、ここでロータに回転力を与えると同時に所定位置に浮上保持する位置制御力を作用させる磁気浮上回転機械が開示されている。これは、ステータに回転駆動用の巻線と制御用の巻線を備え、それぞれに三相交流電流を流すことにより、所定の関係の極数の異なる回転磁界を形成し、円柱型ロータの回転軸垂直面に半径方向の磁気的作用を及ぼすものである。

【0003】これにより、ロータを磁氣的に吸引させて、その位置と姿勢を制御して、ステータに対して非接触支持が可能な回転位置決め磁気軸受機能を有すると共に、ロータに回転力を付与するモータとして機能することができる。このため、従来必要とされていた磁気軸受に相当する電磁石ヨーク部分及び巻線が不要となり、回転機械の軸長を短縮して、軸振動からの高速回転の制限を少なくすることができる。また回転機械を小型軽量化することができる。また、制御巻線の電流と主巻線の

電流とにより生じる磁界の相乗効果的な機能により、磁気軸受に相当する動作を行えるので、従来の磁気軸受と比較してはるかに小さな電流で制御力が生じ、大幅な省エネルギー化が可能である。

【0004】このように、磁気浮上モータについては、いくつかの提案がなされている。それらは上述したように駆動巻線と位置制御巻線が別巻線であるもの、あるいは共通巻線であるものがあるが、基本としてはモータ回転駆動用磁界の極数 N と浮上位置制御用磁界の極数 M が、 $M=N\pm 2$ となることを必要としている。

【0005】ところで、上述した従来の磁気浮上モータでは、その回転ロータはステータの内側、或いは外側のどちらか一方のみである。特殊な用途として、2個のロータを近接して回転したい場合には、磁気浮上ラジアルモータを個別に2個以上用意して、これを例えば軸方向に近接して配置しなければならない。この場合には、回転機械は大きく、長くなり、軸振動が好ましくない状態となる。さらに、通常のモータと機械的な軸受或いは磁気軸受を独立に使用する場合には、さらに、回転機械は大きくなる。

【0006】ところで、2軸反転軸流ポンプ等では、同一管路に配置された2個の動翼を反対方向に回転する必要がある。このような場合に、上述した従来の磁気浮上モータを用いる場合には、それぞれの動翼を支持するために、通常2個の磁気浮上モータを必要とし、単純に2倍の設置スペースが必要となってくる。

【0007】図4は、通常のモータと軸受で構成した2軸反転軸流ポンプを示す。このポンプはケーシング11内に2個の羽根12、13を備え、羽根12及び13がそれぞれ逆方向に回転して、流体を軸方向（図中の矢印方向）に圧送するポンプである。羽根12、13は、それぞれ回転軸14及び15に固着されており、回転軸14、15はそれぞれ軸受16、17で支持され、モータ18、19によりそれぞれ回転駆動される。モータ18、19は、それぞれ巻線20、21を有するステータと、このステータが生成する回転磁界により駆動される回転軸14、15に固着されたヨーク26、27を備えたロータとからなる。尚、ステータ部分はキャンにより被覆されていて、取扱流体の浸入が防止される。この2台のモータポンプ22、23はそれぞれステイ25によりケーシング11に固定されている。

【0008】また、別の問題として高速回転する回転体に取付けた供試体の高速回転下での挙動を観察したい場合がある。例えば、高速で回転するロータに供試体を固定し、その供試体に対して回転状態の挙動を検知するためにセンサを取り付ける必要がある。このセンサを固定側のステータに取り付けた場合には、供試体が高速回転するために、十分なデータが得られない。しかしながら、このロータと同期回転する別個のロータにセンサを取り付けて同期回転することにより、センサ側から見る

10

20

30

40

50

と静止した状態で回転状態の供試体の挙動を観察することが可能となる。しかしながら、この試験装置は2台の磁気浮上モータを、それぞれのロータの供試体と、センサ部分とを近接して配置する必要があり、単純に2倍の設置面積を必要とし、且つ構造も複雑なものとならざるを得ない。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上述した事情に鑑みて為されたもので、円筒状ステータの内周側と外周側に同軸状に2個のロータを備えた、コンパクトな構造の磁気浮上モータを提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明の磁気浮上モータは、回転体の半径方向の位置を浮上制御する磁気軸受作用と、回転体を回転駆動するモータ作用とを兼ねた磁気浮上モータにおいて、円筒状の円周方向に沿って間隔を有して配置された内周面と外周面に開口したヨークと、該内周面と外周面に開口したヨークから前記ステータの内周面及び外周面に磁界を生成するトロイダル巻線とを備えたステータと、該ステータの内周面側に配置された内側ロータと、外周面側に配置された外側ロータとからなり、両ロータは前記巻線に供給される電流により前記ステータの内周面及び外周面から生成される磁界により、回転駆動されると共に磁気浮上制御されることを特徴とする。

【0011】又、前記内側ロータと前記外側ロータが同一方向に回転するものであることを特徴とする。

【0012】又、前記内側ロータと前記外側ロータが同一方向に、且つ同期して回転するものであることを特徴とする。

【0013】又、前記内側ロータと前記外側ロータが同一方向に、同期しないで回転するものであることを特徴とする。

【0014】円筒状ステータのトロイダル巻線に交流電流を供給することにより、ステータの内周面と外周面に配置した内側ロータと外側ロータとの両方を、同時に回転駆動すると共に磁気浮上支持することができる。このため、それぞれのロータに例えば羽根を取付けることにより、2台分に相当するポンプを1台分の設置スペースに配置可能な、回転軸長の短い極めてコンパクトな構造のポンプを提供することができる。

【0015】ステータのトロイダル巻線の結線により、内側ロータと外側ロータとを同一方向に回転させることも、又、逆方向に回転させることも可能である。さらに内側ロータと外側ロータとをリラクタンس型或いは永久磁石型とすることにより、両ロータを同期して回転駆動することも可能であり、例えば両ロータ又は片方のロータを2次導体を有する誘動モータ型とすることにより、それぞれのロータの負荷に応じたすべり周波数で非同期で回転駆動することもできる。

【0016】この磁気浮上モータを用いることにより、例えば2軸反転軸流ポンプをその軸長を短縮し、全体として極めてコンパクトな構造とすることができる。又、高速回転する一方のロータに供試体を取付け、これに同期回転する他方のロータにセンサを取り付けることにより、高速回転中の供試体の挙動をセンサから見て静止状態で観察することが可能となる試験装置が提供される。

【0017】

【実施例】以下、本発明の一実施例について図面を参照しながら説明する。

【0018】図1は、本発明の磁気浮上モータを用いた2軸反転軸流ポンプを示す。このポンプはケーシング30内に互いに反対方向に回転する羽根31、32を備え、図中矢印方向に流体を反転圧送する軸流ポンプである。羽根31は、内側ロータ33に固着され、羽根32は外側ロータ34に固着されている。内側ロータ33と外側ロータ34とは同軸状に配置され、これらのロータ間に両ロータを回転駆動するとともに、磁気浮上支持する円筒状のステータ35が配置されている。円筒状のステータ35は、ステイ40によりケーシング30に固定されている。

【0019】内側ロータのシャフト33には、円周方向に沿って磁性材の凹凸である回転ヨーク36を備え、外側ロータ34には、同様な回転ヨーク37を備える。円筒状のステータ35は、円周方向に沿って間隔を有して配置された内周面と外周面に開口した凸部を有する断面がリング状のヨーク38を備える。そして、ヨークの凸部（開口部）からステータの内周面及び外周面に配置されたロータに磁界を作用させて、これを回転駆動すると共に浮上制御する磁界を生成するトロイダル巻線39を備える。

【0020】図2は、図1に示す磁気浮上モータのトロイダル巻線の結線例を示す。図1におけるヨーク38は、外側ヨーク380と内側ヨーク381とに分割されており、その間が非磁性材42を介して磁氣的に絶縁されている。外側ヨーク380には、トロイダル巻線1、2、・・・12がヨーク380内に円周方向に磁束を形成するように巻回されている。同様に内側ヨーク381には、トロイダル巻線1'、2'、・・・12'が同様にヨーク381内に円周方向に磁束を形成するように巻回されている。

【0021】図示しないがヨーク380、381は、それぞれステータ外周面及び内周面に開口する凸部を備え、その凸部より4極回転磁界及び2極制御磁界が、ロータのヨーク36、37に磁気力を作用させる。従って、巻線1-1'、2-2'、・・・12-12'と接続することにより、これらの巻線に三相交流電流を供給する電流供給源を同一としたまま、外側ヨーク380と内側ヨーク381から、外周側及び内周側のロータに作用する、それぞれ逆方向に回転する回転駆動磁界を形成す

ることができる。尚、内側と外側のロータを同方向に回転する場合には、これらのトロイダル巻線を巻回したヨークは単一のものとすることができる。即ち、ヨーク380とヨーク381とを共通にすることができる。

【0022】そこで、外側ヨーク380のトロイダル巻線1, 2, ... 12に4極回転駆動磁界を形成する励磁電流と、2極回転制御磁界を形成する励磁電流とを重畳して供給することにより、ステータのヨーク38の外周面に4極回転駆動磁界と2極回転制御磁界とを形成することができる。同様に内側ヨーク381のトロイダル巻線1', 2', ... 12'に4極回転駆動磁界を形成する励磁電流と、2極回転制御磁界を形成する励磁電流を重畳して供給することにより、ヨーク38の内周面に4極回転駆動磁界と2極回転制御磁界とを形成することができる。

【0023】そして、外周面の4極回転駆動磁界と内周面の4極回転駆動磁界とは回転方向が逆であるから、外側ロータ34と内側ロータ33とはそれぞれ逆方向に回転する。そして、2極回転制御磁界が4極回転駆動磁界と干渉することにより、円周方向に沿ってロータに及ぼす磁界が強めあう、或いは弱めあう偏配を生じ、両ロータ33, 34をそれぞれステータから非接触で浮上した状態で浮上位置制御及び浮上姿勢の制御を行うことができる。

【0024】このように図1に示す2軸反転軸流ポンプは、円筒状ステータ35の内側ロータ33と外側ロータ34とが逆方向に回転するので、羽根31, 32がそれぞれ逆方向に回転して、流体を矢印方向に反転圧送する。この実施例の磁気浮上モータは、このように1台で2個の羽根を備えたロータをそれぞれ独立に磁気浮上保持しつつ、逆方向に回転駆動することができる。

【0025】尚、図1に示すようにロータの被駆動部分を磁性材ヨークの凹凸面とする、いわゆるリラクタンス型としたので、ロータは回転駆動磁界に同期して回転する。このロータの被駆動部分を例えば2次導体を軸方向に配列し、その終端を導体のエンドリングで結合した誘導機型のロータとしてもよい。この場合には、ロータは回転駆動磁界から負荷に応じたすべりを持って、回転駆動磁界とは非同期で回転する。

【0026】図3は、本発明の第2実施例の磁気浮上モータで構成した回転系の試験装置を示す。ケーシング50には円筒状のステータ51が架台52を介して固定されている。ステータ51には、円筒状の円周方向に沿って内周面と外周面に開口した凸部を有するヨーク53と、ヨークの凸部からステータの内周面及び外周面に磁界を生成するトロイダル巻線54とを備えている。このヨーク53とこれに巻回したトロイダル巻線54は、ステータの回転軸方向に沿って2ヶ所に設けられており、この2ヶ所で内側ロータ55と外側ロータ56とを回転駆動すると共に磁気浮上保持する。

【0027】内側ロータ55にはロータの被駆動部である内側回転ヨーク57と、例えばポンプのインペラである供試体58とを固着している。内側回転ヨーク57が、ステータ51が形成する4極回転駆動磁界の作用により回転駆動され、2極回転制御磁界により浮上位置及び浮上姿勢が制御される。内側ロータ55の回転と共に、これに固着された供試体58が回転し、例えばポンプのインペラとしての各種の試験を行う。そして、回転体58の高速回転時の挙動を調べるためのセンサ60が外周側ロータ56の供試体58に対向する位置に固定されている。外側ロータ56は、被駆動部として内側ロータ55と同様に磁性材の凹凸面である回転ヨーク61を備え、これがステータ51の4極回転駆動磁界と2極回転制御磁界の磁気力を受け、回転駆動されると共に磁気浮上保持制御される。

【0028】この実施例では、4極回転駆動磁界を形成する巻線は単一の巻線であり、円筒状ステータ51の外周面及び内周面に同一方向に回転する回転駆動磁界を形成する。このため、内側ロータ55及び外側ロータ56は、それぞれ同一の回転方向に同期して回転する。内側ロータと外側ロータの回転角速度が等しいため、外側ロータに固定されたセンサ60は内側ロータ55に固着された供試体58の挙動を相対的に静止状態で観察することができる。

【0029】尚、上述した実施例において、ロータの被駆動部は磁性材の凹凸面を有するいわゆるリラクタンス型の例について説明したが、NS極を有する永久磁石を固着したいわゆる永久磁石型でも、本発明の趣旨を同様に適用できるのは勿論のことである。又、上述したように、ロータに2次導体を用いたいわゆる誘導機型ロータとしても、回転駆動磁界に同期することはできないが、僅かなすべりで運転することができる。

【0030】又、上述した実施例の磁気浮上モータは円筒型のステータの内側と外側に内側ロータ及び外側ロータを配置したものであるが、扁平な円板状のステータを設け、その上側及び下側に円板状のロータを配置する、いわゆるディスク型の磁気浮上モータについても本発明の趣旨を同様に適用できる。

【0031】又、この実施例では4極回転駆動磁界と2極回転制御磁界を用いる例について説明したが、N（駆動磁界極数）= M（制御磁界極数）± 2に従った組合せであれば、本実施例と同様のロータの回転駆動と磁気浮上制御が可能である。更に、制御巻線と駆動巻線を同一の巻線にした例について説明したが、別個の巻線としても、上述した関係の極数の回転磁界を形成する電流を供給することにより、同様の効果が得られることも勿論である。

【0032】

【発明の効果】以上に説明したように本発明によれば、円筒状ステータのヨークにトロイダル巻線を施すことに

より、ステータの外側及び内側に配置したロータをそれぞれ回転駆動すると共に磁気浮上保持することができる。これにより、2個のロータを独立に回転駆動する磁気浮上モータの構造を極めてコンパクトにすることができる。そして、回転軸の長さを短くすることができるので、軸振動からの高速回転の制限がなくなる。

【0033】又、外側ロータと内側ロータとを同期して回転させることも可能であり、これにより例えば外側ロータに取り付けた高速回転のセンサにより、高速回転する内側に取り付けられた供試体の挙動を、センサから見て静止状態で観察することができるコンパクトな試験装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例の磁気浮上モータを用いた*

* 2軸反転軸流ポンプの説明図。

【図2】図1におけるヨーク及びトロイダル巻線の結線状態を示す説明図。

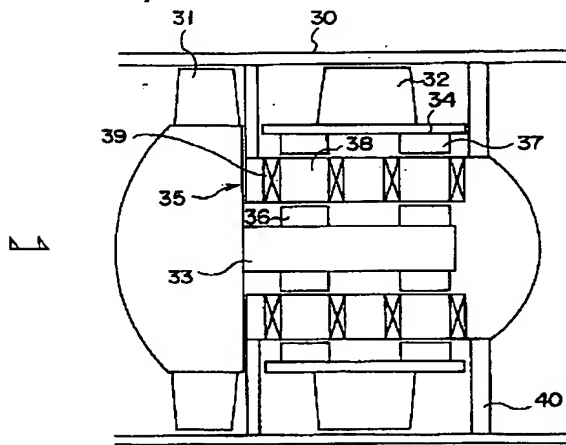
【図3】本発明の第2実施例の磁気浮上モータを用いた回転系の試験装置の説明図。

【図4】従来の2軸反転軸流ポンプの説明図。

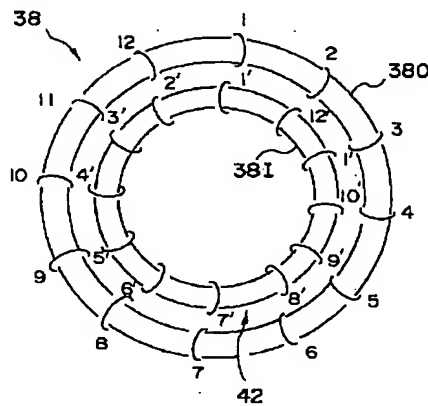
【符号の説明】

- | | |
|--------|-------------|
| 31, 32 | 羽根 |
| 33 | 内側ロータ (回転軸) |
| 34 | 外側ロータ (回転軸) |
| 35 | 円筒状ステータ |
| 36, 37 | 回転ヨーク |
| 38 | ステータヨーク |
| 39 | トロイダル巻線 |

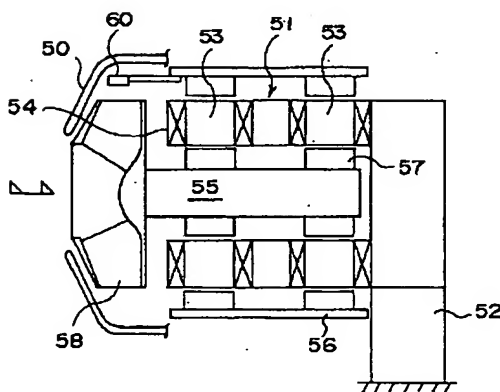
【図1】



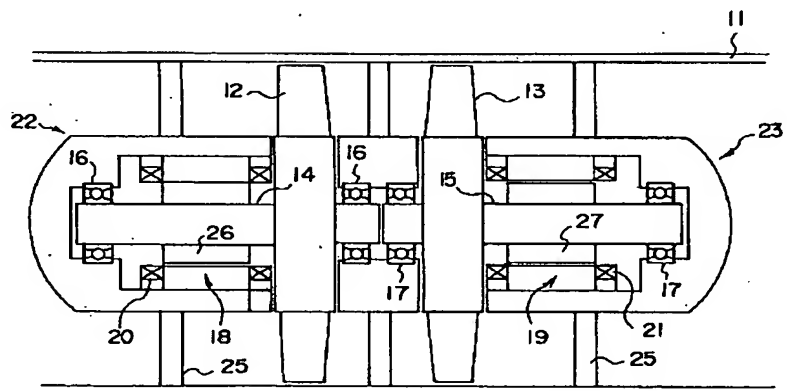
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 佐藤 忠
神奈川県藤沢市本藤沢4丁目2番1号 株
式会社荏原総合研究所内

(72)発明者 茅島 直史
神奈川県藤沢市本藤沢4丁目1番1号 株
式会社荏原電産内